

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергетики



ЗАТВЕРДЖЕНО

Гарант освітньо-професійної програми
«Відновлювані джерела енергії та
гідроенергетика»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти:
к.т.н., професор

Віталій БОЯРЧУК

**СИЛАБУС
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
"Сонячна енергетика"**

ОП "Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика"
спеціальність

145 "Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика"
Рівень вищої освіти – перший "бакалаврський" рівень

ВИКЛАДАЧ



СИРОТЮК СЕРГІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ

E-mail: syrotiuksv@lnup.edu.ua

Google Scholar <https://scholar.google.com/citations?user=R9PyjToAAAAJ&hl=uk>

Scopus <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57214243336>

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9966-6299>

Телефон +380679396246

Завідувач кафедри енергетики Львівського національного університету природокористування, доцент, кандидат технічних наук. Викладач з понад 29-річним досвідом, автор та співавтор понад 200 наукових публікацій, 4 монографії, 5 навчальних посібників, 60 навчально-методичних розробок.

Читає курси: *Відновлювані джерела енергії, Засоби та обладнання відновлюваної енергетики, Проектування та обслуговування систем відновлюваної енергетики, Моделювання засобів і систем відновлюваної енергетики.*

Сфера наукових інтересів: *системи енергозабезпечення об'єктів з використанням відновлюваних джерел енергії.*

ВИКЛАДАЧ



ГАЛЬЧАК ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ

Електронна пошта:

halchak@ukr.net

Телефон

+380975814371 (Viber)

Доцент кафедри енергетики Львівського національного університету природокористування, кандидат фізико-математичних наук. Викладач з 30-річним досвідом, автор та співавтор понад 120 наукових статей, 1 монографії, 1 посібника, 30 навчально-методичних розробок.

Читає курси: *Енергозбереження, Енергоресурсоощадність, Енергоощадність будівель та інженерних систем.*

Сфера наукових інтересів: *теоретичні основи перетворення відновлюваних джерел енергії, енергоощадність в житлово-комунальному господарстві.*

ЛЬВІВ 2024

ВИКЛАДАЧ**СТАНИЦЬКИЙ ТАРАС ОЛЕГОВИЧ***E-mail:*stanytskyitaras@gmail.com*Телефон*

+380975814371

Старший викладач кафедри енергетики Львівського національного університету природокористування. Викладач з 6-річним досвідом, автор та співавтор 4 наукових публікацій, 1 монографії, 10 навчально-методичних розробок.

Читає курси: *Енергозбереження, Засоби та обладнання відновлюваної енергетики, Потенціал відновлюваних джерел енергії.*

Сфера наукових інтересів: *теоретичні основи перетворення відновлюваних джерел енергії, енергоощадність в житлово-комунальному господарстві.*

ВИКЛАДАЧ**КОРОБКА СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ***Електронна пошта:*korobkasv@ukr.net*Профіль у Google Scholar*[https://scholar.google.com.ua/](https://scholar.google.com.ua/citations?user=xFFFFFFFFAAAJ&hl=ru)[citations?user=](https://scholar.google.com.ua/citations?user=xFFFFFFFFAAAJ&hl=ru)[xFFFFFFFFAAAJ&hl=ru](https://scholar.google.com.ua/citations?user=xFFFFFFFFAAAJ&hl=ru)*Телефон*

+380995169849 (Viber)

+380989699534

Доцент кафедри енергетики Львівського національного аграрного університету, кандидат технічних наук. Викладач з 10-річним досвідом, автор та співавтор понад 42 наукових статей, 23 навчально-методичних розробок.

Читає курси: *Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології, Відновлювальні джерела енергії, Вимірювання та прилади.*

Сфера наукових інтересів: *науково-технічні основи конвективно-радіаційного сушіння рослинних матеріалів на прикладі деревини.*

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність: 145 «Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика»

Освітньо-професійна програма «Відновлювані джерела енергії та

гідроенергетика»

Рівень вищої освіти – *перший (бакалаврський)*

Кількість кредитів – 9 (5,4)

Рік підготовки, семестр – 3 рік, 5,6 семестр

Компонент освітньої програми: *обов'язкова*

Мова викладання: *українська*

Опис дисципліни

У межах зазначеної дисципліни здобувачі вищої освіти формують загальні та спеціальні (фахові) компетентності. Зокрема, ця дисципліна передбачає вивчення основ конструювання, монтажу та експлуатації обладнання перетворення енергії сонячного випромінювання у електричну з можливістю її пересилання у зовнішню електромережу, накопичення в акумуляторах, автономне використання тощо.

Програма навчальної дисципліни складається з семи тем, які висвітлюють відомості про теоретичні основи фото перетворення, типи, особливості структури та будови фотоелектричних панелей та фотоелектричних установок, особливості проектування та експлуатації фотоелектричних установок тощо.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення дисципліни «Сонячна енергетика» передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із суміжних курсів: "Фізика", "Теоретичні основи електротехніки", "Електричні машини та апарати", "Теплотехніка", "Потенціал відновлюваних джерел енергії".

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

Предметом вивчення освітньої компоненти «Сонячна енергетика» є теоретичні, методичні та практичні аспекти передбачені освітньо-кваліфікаційною характеристикою, технологічними умовами і нормами, встановленими у галузі відновлюваних джерел енергії.

Метою вивчення освітньої компоненти «Сонячна енергетика» є вивчення теоретичних основ аналізу теоретичних положень та набуття практичних навиків обґрунтування параметрів фотоелектричних установок.

Основними завданнями освітньої компоненти «Сонячна енергетика» є набуття здобувачами вищої освіти системи теоретичних і практичних знань стосовно особливостей взаємодії фотоелектричних елементів з сонячним випромінюванням, особливостей структури, конструкції та режимів роботи та експлуатації сонячних енергетичних установок.

Структура курсу (Частина 1)

Години аудиторних занять (лек./практ.)	Тема	Результати навчання	Завдання
4/4	Тема 1. Вступ до сонячної електроенергетики	Знати нормативно-правову базу галузі сонячної електроенергетики, тенденції розвитку галузі. Вміти визначати економічну ефективність сонячної електроенергетики.	Питання, лабораторна робота
4/4	Тема 2. Взаємодія світла з геліотехнічними матеріалами	Знати теоретичні основи взаємодії світла з геліотехнічними матеріалами. Вміти визначати характеристики напівпровідників, які використовуються в сонячній електроенергетиці.	Питання, лабораторна робота

4/4	Тема 3. Фотоелектричні перетворення у напівпровідниках	Знати теоретичні основи фото перетворення у напівпровідниках. Вміти визначати ефективність фотоперетворення.	Питання, лабораторна робота
4/4	Тема 4. Сонячні елементи: структура, будова та показники ефективності	Знати структуру, будову та параметри фотоелементів. Вміти вибирати вид сонячних фотоелектричних панелей для конкретного завдання використання.	Питання, лабораторна робота
4/4	Тема 5. Заступні схеми сонячного елемента, його параметри та характеристики	Знати теоретичні засади формування заступної схеми фотоелемента та побудови її вольт-амперної характеристики. Вміти визначати вольт-амперну характеристику та оцінювати параметри фотоелемента.	Питання, лабораторна робота
4/4	Тема 6. Фотоелектричні модулі та їх енергетичні характеристики	Знати теоретичні основи конструювання фотоелектричних панелей, дослідження їх параметрів. Вміти визначати параметри фотоелектричних панелей, зокрема, вольт-амперну характеристику, підбирати опір навантаження тощо.	Питання, лабораторна робота
4/4	Тема 7. Фотоелектричні установки та системи	Знати теоретичні основи конструювання фотоелектричних установок. Вміти оцінювати характеристики периферійної апаратури фотоелектричних установок, підбирати їх до складу установки, оцінювати стан охорони праці в галузі, підбирати засоби захисту, виконувати проектування установок з використанням програмного забезпечення.	Питання, лабораторна робота

Структура курсу (Частина 2)

Години аудиторних занять (лек./ практ.)	Тема	Результати навчання	Завдання
2/2	Тема 8. Вступ до дисципліни «Сонячна теплоенергетика»	Знати характеристики сонячного випромінювання. Спектр та інтенсивність випромінювання. Сонячна постійна. Атмосферна маса (АМ). Стандартні значення показника АМ. Земна радіація. Процеси поглинання та розсіювання. Формула Буге. Релєєвське розсіювання СВ.	Питання, лабораторна робота
6/6	Тема 9. Напрямки поширення прямого сонячного випромінювання	Знати азимутальний кут площини, азимутальний кут Сонця, профільний та годинний кути, зенітний кут, висота сонцестояння. Кути для поверхонь, що слідкують за Сонцем.	Питання, лабораторна робота
4/4	Тема 10. Методи визначення енергетичного потенціалу	Знати визначення теоретичного потенціалу сонячної енергії. Визначення технічно-досяжного потенціалу сонячної енергії.	Питання, лабораторна робота

	сонячної енергії		
6/6	Тема 11. Класифікація сонячних систем.	Знати пасивні системи. Система MJT, система Блісса-Денована, система Лефевра, система Льофа, система Моргана, система Skytherm (Хей-Джеллотт), система Баєра, система Бريدжерса-Пакстона, система Телкеса-Раймонда, система Вагнера, система Тромба-Мішеля.	Питання, лабораторна робота
4/4	Тема 12. Класифікація активних систем	Знати плоскі геліоколектори (прості, проточні). Тепловий баланс геліоколектора. Селективні покриття.	Питання, лабораторна робота
4/4	Тема 13. Відкриті колектори (абсорбери)	Знати відкриті колектори (абсорбери). Площа абсорбера (брутто-площа, площа абсорбера, площа апертури). Ліровидні та меандрові абсорбери. Теплоносії активних геліосистем і способи їх циркуляції. Коефіцієнт корисної дії сонячного колектора (оптичний, ефективний).	Питання, лабораторна робота
6/6	Тема 14. Акумулювання теплоти.	Знати призначення та конструкція акумуляторів теплоти. Системи сонячного теплопостачання з баком-акумулятором. Системи акумулювання теплоти у термодинамічних сонячних електростанціях. Ефективність сонячного нагрівача. Коефіцієнт заміщення геліосистеми. Методика розрахунку ефективності сонячного нагрівача системи сонячного опалення та коефіцієнта заміщення системи за її укрупненими теплотехнічними характеристиками.	Питання, лабораторна робота

Навчальний контент Формування програмних компетентностей

Індекс в матриці ОПІ	Програмні компоненти
ЗК7.	Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій
ЗК8.	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
ЗК11.	Здатність приймати обґрунтовані рішення
СК1.	Здатність застосовувати відповідні методи математики, природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики.
СК2.	Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інженерних дисциплін для розв'язання складних задач з відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики.
СК3.	Здатність розуміти і застосовувати фізичні принципи і математичні методи, необхідні в галузі відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики.
СК4.	Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем і компонентів енергосистеми на основі використання аналітичних методів, моделювання та експериментальних досліджень.
СК6.	Здатність враховувати комерційний та економічний аспекти у професійній діяльності з відновлюваної енергетики та гідроенергетики.
СК7.	Здатність оцінювати енергетичну ефективність об'єктів, розробляти та

	впроваджувати енергоощадні технології.
СК8.	Здатність розробляти проекти з урахуванням особливостей виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації обладнання відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики.
СК10.	Здатність вирішувати проблеми якості в енергетичній галузі.
СК12.	Здатність вирішувати питання інтелектуальної власності.
СК13.	Здатність застосовувати методики вибору енергетичного обладнання та устаткування об'єктів відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики.
СК15.	Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.
СК16.	Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.
СК17.	Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.
СК18.	Здатність вирішувати практичні задачі, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.
СК19.	Здатність дотримання вимог правил техніки безпеки, охорони праці та норм виробничої санітарії на підприємствах електроенергетичного та електромеханічного комплексів.
СК20.	Здатність здійснювати діагностику обладнання та устаткування, організовувати обслуговування і ремонт, проводити сертифікацію й експертизу електроенергетичних та електротехнічних систем об'єктів відновлюваної енергетики.
ПРН4.	Встановлювати зв'язок між інженерною діяльністю та впливом її на навколишнє середовище, застосовувати ефективні заходи щодо охорони навколишнього середовища.
ПРН5.	Використовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач професійної діяльності.
ПРН7.	Знання і розуміння наукових принципів, що лежать в основі енергетичної галузі, навички застосування сучасних математичних, фізичних та інженерних методів для розв'язання складних задач професійної діяльності.
ПРН8.	Систематизовані знання і розуміння ключових аспектів та концепцій в галузі відновлюваної енергетики та гідроенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.
ПРН9.	Визначати, формулювати і вирішувати інженерні завдання в галузі відновлюваної енергетики та гідроенергетики з використанням енергоефективних методів.
ПРН10.	Аналізувати інженерні об'єкти, процеси і методи в галузі відновлюваної енергетики та гідроенергетики, забезпечувати достовірність та релевантність результатів аналізу.
ПРН11.	Розробляти проекти згідно із визначеними та описаними вимогами до конструкцій, технологічних схем, режимів роботи обладнання, характеристик енергетичних ресурсів, відповідних матеріалів, що застосовуються при аналізі процесів і проектуванні енергетичних установок і апаратів перетворення відновлюваних джерел енергії та гідроенергетики, а також технічними умовами та іншими нормативними документами.
ПРН12.	Приймати ефективні рішення з урахуванням проблем безпеки довкілля і правових питань, соціальних та екологічних наслідків технічних рішень, кодексу професійної етики і норм інженерної практики.
ПРН13.	Експлуатувати енергетичне обладнання у відповідності до виробничих цілей, законодавства і нормативних документів, зокрема, технічних регламентів та правових норм в галузі охорони здоров'я людей і забезпечення безпеки інженерної

	діяльності.
ПРН14.	Обирати та використовувати придатні методи та засоби вимірювань для визначення значень технологічних параметрів процесів та режимів роботи енергетичного обладнання відповідно до стандартів і вимог метрологічної служби України.
ПРН15.	Вміти виконувати енергетичні розрахунки енергетичних об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики, вибирати тип і розміри основного і допоміжного обладнання.
ПРН16.	Розуміти значення традиційної та відновлюваної енергетики для успішного економічного розвитку країни.
ПРН17.	Знати існуючі підходи до проектування, виготовлення, випробувань та експлуатації обладнання та устаткування відновлюваної енергетики та гідроенергетики.
ПРН18.	Показувати навички самостійної роботи, демонструвати критичне, креативне, самокритичне мислення.
ПРН19.	Демонструвати здатність діяти соціально відповідально та свідомо на основі етичних принципів, цінувати та поважати культурне різноманіття, індивідуальні відмінності людей.
ПРН20.	Знати методи і порядок проектування об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики.
ПРН21.	Знати існуючі конструкції обладнання та устаткування призначеного для перетворення енергії відновлюваних джерел в електричну та інші види енергій.
ПРН22.	Знати заходи підтримки та зміни режимів роботи систем електроживлення, об'єктів відновлюваної енергетики, систем блискавкозахисту та захисту від перенапруг.
ПРН23.	Знати фактори, що призводять до виникнення незворотних процесів в устаткуванні та обладнанні електричних станцій та об'єктів відновлюваної енергетики та гідроенергетики.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

Методичне забезпечення

1. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Оцінка впливу режимів інсоляції на поточну продуктивність фотопанелі. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Дубляни, 2024. 10 с.
2. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження ефективності сонячної панелі за різних кутів освітлення. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Дубляни, 2024. 9 с.
3. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження структури та будови фотоелектричних панелей з фотоелектричними елементами різної генерації. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Дубляни, 2024. 16 с.
4. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Побудова вольт-амперної характеристики фотоелектричних модулів різного типу. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Дубляни, 2024. 12 с.
5. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження впливу температури на вольт-амперну характеристику фотоелектричного модуля. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Дубляни, 2024. 8 с.
6. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження впливу режиму затінення на вольт-амперну характеристику фотоелектричного модуля. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Дубляни, 2024. 8 с.

7. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження ефективності фотоелектричної панелі з плоским дзеркальним концентратором потоку сонячної енергії. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Дубляни, 2024. 10 с.
8. Сиротюк С. В., Гальчак В.П., Станицький Т. О. Дослідження режимів роботи фотоелектричних установок з різною структурою. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни "Сонячна енергетика". Дубляни, 2024. 20 с.
9. Коробка С. В. Дослідження природи і параметрів сонячної енергії. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Дубляни, 2023. 22 с.
10. Коробка С. В. Дослідження напрямів поширення прямого сонячного випромінювання. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Дубляни, 2023. 28 с.
11. Коробка С. В. Дослідження процесів акумулювання теплоти. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Сонячна енергетика». Дубляни, 2023. 21 с.

Базові

1. Гальчак В. П., Боярчук В. М. Альтернативні джерела енергії. Енергія Сонця. Львів : Вид-во ЛНАУ, 2008. 135 с.
2. Гальчак В.П., Боярчук В.М., Сиротюк С.В., Коробка С.В., Станицький Т.О. Сонячна енергія та інсоляція: Монографія. Львів : Магнолія 2006, 2024. 242 с.
3. Jastrzębska G. Ogniwa słoneczne. Budowa, technologia i zastosowanie. Sulejówek : WKŁ, 2024. 574 s.

Допоміжні

1. Tytko R. Fotowoltaika. Podręcznik dla studentów, uczniów, instalatorów, inwestorów. VI uzupełnione. Kraków, 2022. 520 s.
2. Sibiński M., Znajdek K. Postępy w fotowoltaice. Warszawa : Wydawnictwo Naukowe PWN, 2021. 302 p.
3. Кудря С.О., Головка В.М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії: навч. посіб. К.: НТУУ "КПІ", 2011. 184 с.
4. Szymanski B. Instalacje fotowoltaiczne. Wydanie III. Krakow: GEOSYSTEM, Redakcja GLOBEnergia, 2014. 249 p.
5. Luque A., Hegedus S. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. San Francisco: John Wiley & Sons Ltd, 2003. 1115 p.
6. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Сонячна енергетика".

Інформаційні ресурси

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – книжковий фонд, періодика та фонди на електронних носіях бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
2. Електронні версії конспектів лекцій, навчальних посібників, періодичних видань.
3. Електронні інформаційні ресурси мережі Інтернет з переліком сайтів:
<https://moodle.lnup.edu.ua/> - Віртуальне навчальне середовище ЛНУП
<https://aseu.org.ua/>

Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання: Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (75% від можливої максимальної кількості балів за вид діяльності балів). Перескладання модулів відбувається за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: Списування під час контрольних робіт заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та підготовки практичних завдань під час заняття.

Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із ведучим викладачем курсу.

Оцінювання

Остаточна оцінка за курс розраховується наступним чином:

Частина 1

Розділ 1							ПМК	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	50	100
7	7	7	7	7	7	8		

Частина 2

Розділ 2							ПМК	Сума
T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	50	100
2	2	2	6	6	9	9		

T1, T2 ... T5 – теми

До Силабусу також готуються матеріали навчально-методичного комплексу:

- 1) Навчальний контент (розширений план лекцій);
- 2) Тематика та зміст практичних робіт;
- 3) Завдання для підсумкової роботи, питання на іспит;
- 4) Електронне навчання у віртуальному навчальному середовищі ЛНУП

(<https://moodle.lnup.edu.ua/>).